

最佳契約容量擬定策略——企業產學合作案

摘要

在半導體產業的成本中，電費佔了極大的比例。如何有效訂定與台電的契約，並在超約與否中取得平衡，是個重要的課題。本研究與某大晶圓廠合作，希望能藉由資料分析、建立數學模型、最佳化等方法，訂定最佳的契約容量以降低電費成本。

在了解台電的計電規則後，我們訂定了相關的變數，並依廠方的需求加入限制條件，建構出計算電費的數學模型。接著，本研究根據廠方提供的歷史資料，並使用基因演算法與粒子群演算法計算出契約容量的最佳解。我們同時以不同年份的資料預估下一年度的用電量，並比對已知的資料逐步調整，最終提出一個可以有效預測廠方未來用電行為的方法。根據該預測結果所計算出的契約容量最佳解，可以為合作企業單一廠節省數十萬元的電費。

研究動機與目的

• 動機：以合作企業2016年的單一廠用電狀況來說，公司訂定的契約需支付\$7,120,300，而若以 PSO（粒子群演算法）計算出的最佳契約容量，僅需支付\$6,439,633，可以節省\$680,667。目前公司是根據經驗，並參考歷史資料來訂定契約容量，但今年6月，出現了用電需量突然超出預期而需調整契約容量的情形，若能及早預測此情形發生，就能避免支付許多超約罰金，因此有此研究的動機。

• 目的：預測未來用電量，並幫助公司與台電訂定適合的契約容量方案，為合作企業節省電費成本。

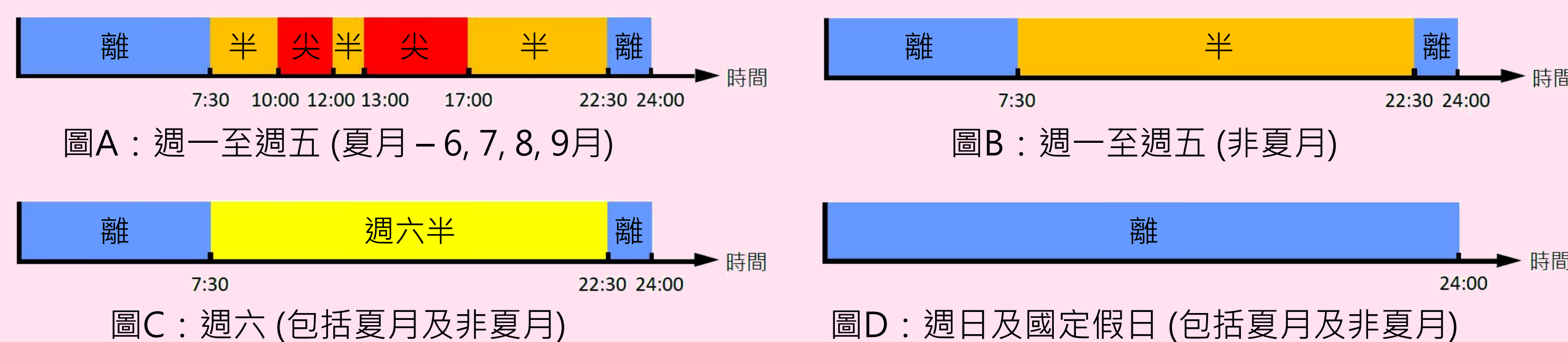
研究方法

一、探討台電計電規則

每月電費 = (基本電費 + 超約罰金 + 線路補助費) + 流動電費

- 基本電費 E_{basic} ：契約電價 $\times$ 契約容量
- 超約罰金 E_{over} ：最大用電需量超過契約容量需支付的罰金
- 線路補助費 E_{change} ：更改契約容量需支付的費用
- 流動電費：流動電價 $\times$ 用電度數
- 契約容量：契約上可以使用之最大用電需量(15分鐘平均kW)

■ 尖峰時段 ■ 半尖峰時段 ■ 週六半尖峰時段 ■ 離峰時段



二、訂定變數，並建立電費之數學模型

研究目的：決定 $x_1 \sim x_4$ ，使 $E_{total} = (E_{basic} + E_{over} + E_{change})$ 最小

決策變數

x_1 ：經常契約容量
 x_2 ：半尖峰契約容量
 x_3 ：週六半尖峰契約容量
 x_4 ：離峰契約容量

未知變數 (隨機變數)

Y_1 ：當月尖峰時段用電最高需量
 Y_2 ：當月半尖峰時段用電最高需量
 Y_3 ：當月週六半尖峰時段用電最高需量
 Y_4 ：當月離峰時段用電最高需量

Index 下標 $i =$

S1：尖峰
S2：半尖峰
S3：週六半尖峰
S4：離峰

夏月電費模型

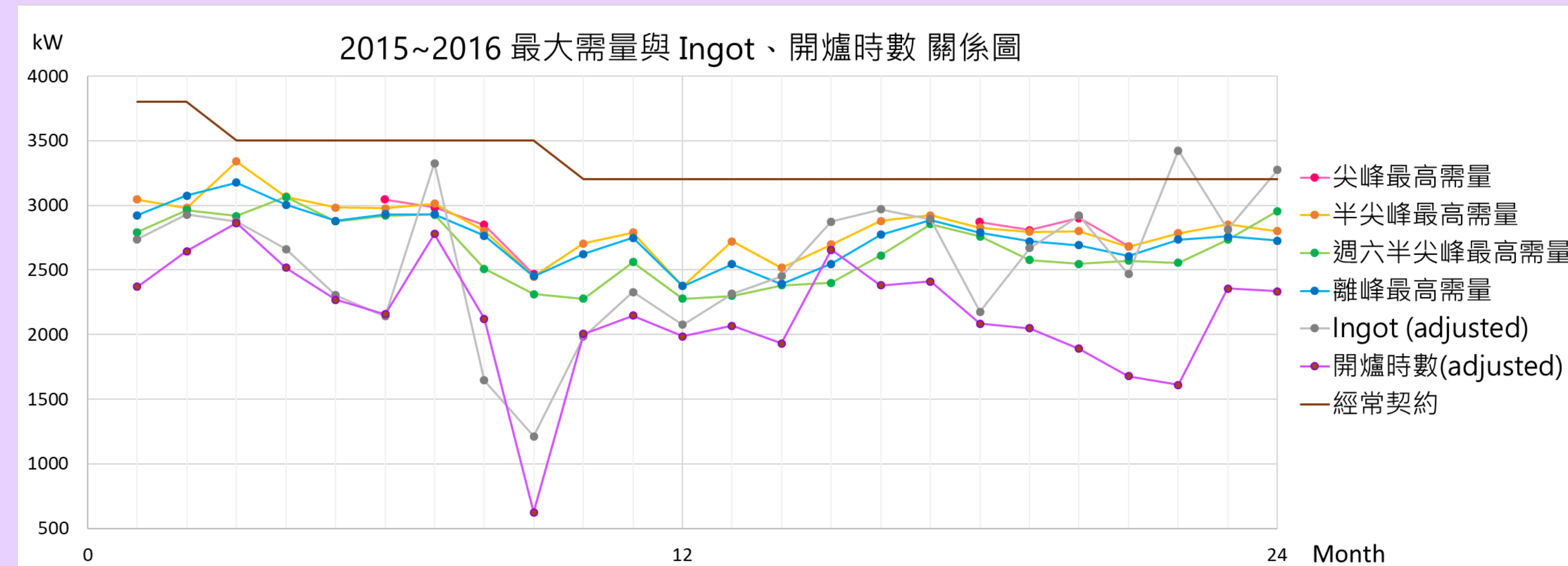
$$E_{basic} = 223.6x_1 + 166.9x_2 + 44.7 \text{Max}\{[(x_3 + x_4) - 0.5(x_1 + x_2)], 0\}$$

$$E_{over} = (447.2Y_1 - 447.2x_1)I_{S1}^- + (670.8Y_1 - 693.16x_1)I_{S1}^+ + \{[Y_2 - (x_1 + x_2)] - \text{Max}[(Y_1 - x_1), 0]\} \times 333.8I_{S2}^- + \{[Y_2 - (x_1 + x_2)] - \text{Max}[(Y_1 - x_1), 0] - 0.1x_2\} \times 500.7I_{S2}^+ + (333.8 \times 0.1x_2)I_{S2}^+ + \{[Y_3 - (x_1 + x_2 + x_3)] - \text{Max}[(Y_1 - x_1), Y_2 - (x_1 + x_2), 0]\} \times 89.4I_{S3}^- + \{[Y_3 - (x_1 + x_2 + x_3)] - \text{Max}[(Y_1 - x_1), Y_2 - (x_1 + x_2), 0] - 0.1x_3\} \times 134.1I_{S3}^+ + (89.4 \times 0.1x_3)I_{S3}^+ + \{[Y_4 - (x_1 + x_2 + x_3 + x_4)] - \text{Max}[(Y_1 - x_1), Y_2 - (x_1 + x_2), Y_3 - (x_1 + x_2 + x_3), 0]\} \times 89.4I_{S4}^- + \{[Y_4 - (x_1 + x_2 + x_3 + x_4)] - \text{Max}[(Y_1 - x_1), Y_2 - (x_1 + x_2), Y_3 - (x_1 + x_2 + x_3), 0] - 0.1x_4\} \times 134.1I_{S4}^+ + (89.4 \times 0.1x_4)I_{S4}^+$$

E_{change} 因數學式太過繁雜，在此省略

$$I_i^- = \begin{cases} 1, & 0\% < \text{超額量} \leq 10\% \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases}$$
$$I_i^+ = \begin{cases} 1, & \text{超額量} > 10\% \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases}$$

三、預測合作企業未來用電狀況



已知資訊：

- 最高用電需量、Ingot(晶棒)入庫公斤重、總開爐時數 (2015/1~2017/11)
- 未來生產計劃 (2017/12~2018/12)

預測邏輯：

- Ingot 應與總開爐時數有關，而總開爐時數又與最高用電需量有關。
- 使用Ingot生產計劃推估未來的最高用電需量。
- 以2015~2016年的資料推估2017的用電最高需量為例：
 - ① 以兩年24個月的數據，算出2015~2016年「Ingot對總開爐時數」以及「總開爐時數對各最高需量」的迴歸直線方程式。
 - ② 將企業2017年的Ingot，代入①求得的方程式，計算出2017年的總開爐時數預測值。
 - ③ 將總開爐時數預測值代入①求得的方程式，計算出2017年12個月的各個最高需量預測值。

四、找尋最佳契約容量

- 使用R軟體中的PSO找尋最佳契約容量。
- 使用真實的2017最高需量時，求得之最佳契約容量 $x_1=3275, x_2=0, x_3=300, x_4=225$ ，電費為6,435,895元。
- 使用預測的2017最高需量時，求得之最佳契約容量 $x_1=3120, x_2=0, x_3=590, x_4=90$ ，電費為6,549,037元。

研究成果

1. 將台電文字敘述複雜的計電規則轉換成數學模型，並以PSO求得訂定最佳契約容量時所需繳交的最小電費（此電費為理論值，實際上為無法得到的結果，但可作為比較的基準）。
2. 有效預測合作企業的最高用電需量，每年度可為合作企業的此廠區省下數十萬元的電費，且達最小電費節省金額的50%左右。

給定	預測	本研究 預測電費 (1)	最小電費 (理論值) (2)	公司實際 繳交電費 (3)	$\frac{ (1)-(3) }{(3)}$	$\frac{ (1)-(3) }{ (2)-(3) }$
2015	2016	6,795,744	6,441,969	7,120,300	4.56%	47.85%
2015、2016	2017	6,549,037	6,435,895	6,746,690	2.93%	63.96%

3. 根據預測與最佳化的結果得知，我們毋須把契約容量設在整年的最高需量最大值。我們把契約容量訂得較低，雖然要支付部分超約罰金，但因為契約容量低，且整年維持固定契約，不用負擔線補費，反而比較省錢。
4. 根據敏感度分析，得知影響電費最顯著的因子是經常契約，而週六半尖峰與離峰契約兩者對電費的影響甚小。另外，只要維持週六半尖峰與離峰契約的總和不變，可以任意調整它們的值。

